

Communication brève

Profil isocinétique des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou dans une population d'athlètes sauteurs

Isokinetic profile of Knee flexors and extensors in a jumpers population

B. Jidovtseff *, J.L. Croisier, B. Mordant, J.M. Crielaard

Département de médecine physique et kinésithérapie-réadaptation, université de Liège, bâtiment 21, allée-des-sports, 4 B-4000 Liège, Belgique

Reçu le 6 février 2005 ; accepté le 10 mai 2005

Disponible sur internet le 21 juillet 2005

Résumé

Introduction. – Ce travail étudie, chez des athlètes sauteurs, le développement concentrique et excentrique des muscles fléchisseur et extenseur du genou. Les performances musculaires isocinétiques sont mises en relation avec des épreuves de détente horizontale.

Synthèse des faits. – Les sauteurs se caractérisent par un développement particulier des fléchisseurs dans les deux modes et des extenseurs surtout en excentrique. La force des extenseurs du genou est corrélée uniquement chez les sauteurs avec les performances de terrain. Une corrélation particulièrement élevée ($r = 0,93$) est observée entre la force excentrique du quadriceps et la valeur relative du deuxième bond des dix multibonds.

Conclusions. – L'entraînement du sauteur favoriserait un développement musculaire spécifique. La force quadricipitale excentrique pourrait jouer un rôle déterminant dans la performance athlétique.

© 2005 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Introduction. – This study explored concentric and eccentric profile of knee musculature in a jumpers population. Relationships between isokinetic assessment and field tests performances have also been explored.

Materials. – Jumpers population presented higher knee flexors performances in concentric and eccentric mode and superior knee extensors strength in eccentric. Significant correlations between isokinetics and field tests results were exclusively observed with athletes quadriceps performances. A very high correlation ($r = 0.93$) was found between the second bound relative performance of the ten multijumps test and eccentric quadriceps relative peak torque.

Conclusion. – Jumpers training may favour a specific muscular development. The knee extensors eccentric strength may be a major factor in the athletic performance.

© 2005 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Isocinétisme ; Sauts ; Multibonds ; Excentrique ; Force–vitesse

Keywords: Isokinetics; Jump; Multijump; Eccentric; Force–velocity

1. Introduction

La pratique régulière du saut en longueur ou du triple saut pourrait engendrer un développement musculaire particulier

qui mérite notre attention. L'influence des qualités de force sur les éléments de la performance athlétique peut s'étudier par l'intermédiaire de l'évaluation isocinétique. Des corrélations significatives ont été observées avec la vitesse de course [2]. Aucune étude n'a cependant considéré la relation entre la fonction musculaire et un élément essentiel du saut en longueur et du triple saut : la détente horizontale.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : B.jidovtseff@ulg.ac.be (B. Jidovtseff).

Notre étude a pour objectifs :

- d'apprécier le développement concentrique et excentrique des fléchisseurs et extenseurs du genou dans une population de sauteurs, en comparaison avec une population sportive ne bénéficiant pas du même entraînement spécifique ;
- d'étudier l'influence de la force des fléchisseurs et extenseurs du genou sur la performance athlétique, appréciée par l'intermédiaire d'épreuves de détente horizontale (multibonds).

2. Méthodes

Les performances musculaires et de terrain d'une population d'athlètes spécialistes du saut en longueur [$7,01 \pm 0,4$ m] et/ou du triple saut [$15,02 \pm 0,98$ m] (sauteurs ; $n = 11$; âge : $24,3 \pm 5$ ans ; taille : 183 ± 3 cm ; poids : $75,4 \pm 3,9$ kg ; pratique sportive : $10,6 \pm 5$ heures/semaine), sont comparées à celles d'une population de sujets sportifs ne présentant aucune expérience de l'entraînement spécifique du sauteur (contrôle ; $n = 11$; âge : $22,5 \pm 3,9$ ans ; taille : 180 ± 5 cm ; poids : $75,9 \pm 6,5$ kg ; pratique sportive : $9,4 \pm 3,9$ heures/semaine). Les populations se distinguent essentiellement par la spécificité de leur pratique sportive. Une évaluation isocinétique des fléchisseurs (FI) et extenseurs (Ext) du genou est réalisée sur un dynamomètre CYBEX NORM (Cybex, Henley Healthcare, Sugarland, USA). Une première séance concerne l'évaluation excentrique de ces muscles (trois vitesses : 30 , 70 et $120^\circ \cdot s^{-1}$). L'évaluation en concentrique (cinq vitesses : 60 , 150 , 240 , 300 et $400^\circ \cdot s^{-1}$) survient une semaine plus tard. Lors de cette seconde séance, trois tests de détente horizontale sont également réalisés : un saut en longueur sans élan (SLSE) ; un test de cinq multibonds alternés sans élan (5MB) ; et un test des dix multibonds alternés réalisé avec un élan de cinq mètres (10MB). Pour ces deux dernières épreuves, la longueur individuelle de chaque bond est mesurée grâce aux traces de magnésie (préalablement placées à chaque essai sur les semelles) laissées lors de chaque appui.

Le test *t*-Student détermine la signification statistique des différences observées :

- entre les deux populations (séries non-appariées) ;
- entre les groupes musculaires homologues d'une même population (séries appariées).

Tableau 1

Moyenne et écart type des MFM relatifs des fléchisseurs et extenseurs du genou et des ratios FI/Ext pour les deux populations, en fonction du mode de contraction (E = excentrique ; C = concentrique) et de la vitesse angulaire (en $^\circ \cdot s^{-1}$). La différence entre les deux populations s'exprime de manière pourcentuelle

Mode et vitesse	Extenseurs (MFM.kg ⁻¹)			Fléchisseurs (MFM.kg ⁻¹)			Ratios FI/Ext		
	Contrôle	Sauteur	Dif. %	Contrôle	Sauteur	Dif. (%)	Contrôle	Sauteur	Dif. (%)
E 120	$3,82 \pm 0,82$	$4,57 \pm 0,80$	+ 19,6*	$2,13 \pm 0,26$	$2,52 \pm 0,44$	+ 18,3*	$0,57 \pm 0,08$	$0,56 \pm 0,09$	- 2,3
E 70	$3,67 \pm 0,79$	$4,49 \pm 0,84$	+ 22,3*	$2,09 \pm 0,34$	$2,53 \pm 0,41$	+ 21,4*	$0,58 \pm 0,07$	$0,57 \pm 0,09$	- 1
E 30	$3,67 \pm 0,87$	$4,42 \pm 0,98$	+ 20,4†	$2,00 \pm 0,33$	$2,39 \pm 0,45$	+ 19,5*	$0,56 \pm 0,07$	$0,55 \pm 0,1$	- 1,3
C 60	$2,91 \pm 0,38$	$3,17 \pm 0,39$	+ 8,9	$1,67 \pm 0,21$	$1,97 \pm 0,31$	+ 18*	$0,58 \pm 0,07$	$0,62 \pm 0,06$	+ 7,1
C 150	$2,28 \pm 0,25$	$2,59 \pm 0,29$	+ 13,6*	$1,31 \pm 0,18$	$1,64 \pm 0,23$	+ 25,2**	$0,58 \pm 0,05$	$0,63 \pm 0,05^*$	+ 9,7*
C 240	$1,85 \pm 0,22$	$2,08 \pm 0,29$	+ 12,4†	$1,11 \pm 0,16$	$1,38 \pm 0,22$	+ 24,3**	$0,60 \pm 0,06$	$0,67 \pm 0,06^*$	+ 11,4*
C 320	$1,51 \pm 0,23$	$1,66 \pm 0,27$	+ 9,9	$0,87 \pm 0,16$	$1,12 \pm 0,23$	+ 28,7*	$0,58 \pm 0,07$	$0,68 \pm 0,09^*$	+ 16,6*
C 400	$1,24 \pm 0,19$	$1,35 \pm 0,24$	+ 8,9	$0,66 \pm 0,14$	$0,9 \pm 0,22$	+ 36,4**	$0,53 \pm 0,10$	$0,67 \pm 0,12^*$	+ 25,9*

† $p < 0,1$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,005$.

3. Résultats

L'absence de différence significative entre la jambe d'impulsion et la jambe « libre », permet de présenter les moyennes bilatérales des résultats pour chaque population. Les performances isocinétiques, présentées dans le Tableau 1, révèlent une supériorité des sauteurs très nette pour les fléchisseurs du genou dans les deux modes de contraction et pour les extenseurs en mode excentrique. Le rapport FI/Ext devient significativement plus élevé chez les sauteurs à partir de $150^\circ \cdot s^{-1}$ ($p < 0,05$), alors qu'il s'effondre à $400^\circ \cdot s^{-1}$ dans le groupe témoin. Le rapport mixte (FI E30/Ext C240) [1] atteint $1,16 \pm 0,24$ chez les sauteurs et $1,08 \pm 0,13$ pour le groupe témoin (différence non significative).

Les performances moyennes des épreuves de SLSE, 5MB et 10MB sont respectivement de $2,74 \pm 0,16$ m ; $14,37 \pm 1,24$ M et $33,08 \pm 2,51$ m chez les sauteurs et de $2,43 \pm 0,14$ m ; $11,89 \pm 0,84$ M et $26,73 \pm 2,16$ m dans la population témoin. La différence entre les deux populations, hautement significative ($p < 0,005$), augmente avec la longueur du test. Chez quatre sujets témoins, la réalisation des bonds lors des 10MB apparaît asymétrique : ceux-ci présentent systématiquement un déséquilibre isocinétique des ischio-jambiers de la jambe libre.

Seuls les sauteurs présentent des corrélations significatives entre les paramètres isocinétiques et les épreuves de terrain. Les corrélations apparaissent les plus élevées ($r \geq 0,82$) avec le MFM quadricipital concentrique à $60^\circ \cdot s^{-1}$. La performance relative du deuxième des 10MB, particulièrement sujet à l'écrasement, présente une corrélation très significative avec la force excentrique du quadriceps ($r = 0,93$) (Fig. 1).

4. Discussion

D'après les résultats isocinétiques, l'utilisation préférentielle de la jambe d'impulsion n'engendrerait pas chez les sauteurs de déséquilibre bilatéral. Leur entraînement travaille équitablement les deux jambes (renforcement musculaire, plyométrie et course) et peu d'exercices sollicitent exclu-

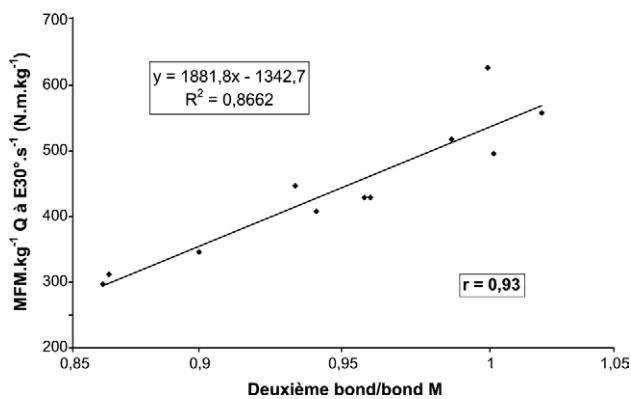


Fig. 1. Relation entre la valeur relative du deuxième bond (deuxième bond/valeur moyenne des dix bonds) et le MFM relatif excentrique du quadriceps de la jambe libre à la vitesse de $-30^{\circ}.\text{s}^{-1}$ chez les sauteurs.

sivement la jambe d'impulsion. Son utilisation préférentielle ne semble pas exclusivement liée au facteur force et dépendrait également d'autres facteurs comme la coordination, l'élasticité, la stabilité du genou ou encore la qualité proprioceptive.

Il est intéressant de voir que l'entraînement spécifique du sauteur développe particulièrement les fléchisseurs du genou et ce pour les deux modes de contraction. Dans cette population, le travail technique et le renforcement musculaire sollicitent intensément les ischio-jambiers. Ces muscles biarticulaires interviennent à la fin de la phase de suspension de la course pour freiner l'extension du genou (excentrique), et tout au long de l'impulsion, pour étendre la hanche (concentrique). Par ailleurs, les sauteurs bénéficient d'un renforcement des ischio-jambiers en concentrique et en excentrique qui non seulement augmente leur force, mais aussi réduit le risque de blessures musculaires favorisées par un déséquilibre entre quadriceps et ischio-jambiers [1]. Le ratio mixte apparaît d'ailleurs élevé, confirmant le bon équilibre musculaire de notre population. L'entraînement plyométrique renforcerait également les fléchisseurs dans leur rôle de stabilisateur du genou. Une sollicitation dynamique et régulière des muscles ischio-jambiers à l'entraînement pourrait favoriser chez les sauteurs des adaptations musculaires spécifiques. Une plus grande proportion de fibres II chez les sauteurs expliquerait leur meilleur maintien de force à vitesse élevée comparativement à la population témoin.

Le développement des extenseurs apparaît particulièrement élevé en excentrique chez les sauteurs. Ce mode de contraction s'avère déterminant dans toute impulsion athlétique car il permet de résister aux déformations segmentaires lors du contact au sol et de conserver un maximum d'énergie cinétique dans le cycle étirement-détente [4]. La musculation, le travail technique et plus particulièrement l'entraînement plyométrique des sauteurs contribuent à ce développement musculaire spécifique.

De manière surprenante, la supériorité quadricipitale concentrique des sauteurs apparaît peu significative. Cepen-

dant, la population témoin, par sa pratique sportive générale, présente pour les extenseurs une force concentrique élevée : à $60^{\circ}.\text{s}^{-1}$, leur MFM atteint $2,91$ vs $3,18 \text{ Nm.kg}^{-1}$ chez les sauteurs (différence non significative). À titre de comparaison, une population masculine sédentaire présente en moyenne un MFM relatif de $2,5 \text{ Nm.kg}^{-1}$ [JL Croisier, communication personnelle]. De plus, la performance en saut dépend d'une chaîne musculaire et pas uniquement des extenseurs du genou. Le développement musculaire concerne également les extenseurs de la hanche et de la cheville. Par ailleurs, l'activation neuromusculaire du quadriceps lors de l'évaluation isocinétique en chaîne cinétique ouverte diffère de celle des exercices en chaîne cinétique fermée utilisés lors de l'entraînement des sauteurs. Ces conditions d'évaluation peu spécifiques, ne refléteraient pas parfaitement les capacités musculaires lors d'un mouvement complexe en chaîne fermée.

Comparativement aux sujets témoins, les sauteurs présentent des performances beaucoup plus élevées pour tous les tests de détente horizontale. Ces épreuves restent incontournables dans leur entraînement. Une pratique régulière développe la coordination intermusculaire, améliore le rythme, augmente la puissance des muscles spécifiques, modifie la raideur du système musculotendineux et optimise le cycle étirement-détente [3]. La différence pourcentuelle entre les deux populations augmente du SLSE (12,8 %), au 5MB (20,9 %), au 10MB (23,8 %) suggérant une intervention technique supérieure lors du test de 10MB.

Au sein de la population témoin, aucune relation n'apparaît entre les tests de terrain et les paramètres isocinétiques. Les facteurs influençant la détente horizontale varieraient d'un individu à l'autre dans une population non spécialisée. Chez certains sujets, la performance serait réduite par la force, alors que chez d'autres, elle serait limitée par la coordination ou les qualités élastiques ; le développement d'autres groupes musculaires comme le grand fessier et le triceps sural intervient également dans la détente horizontale. Si les tests de terrain s'avèrent peu représentatifs de la force musculaire dans cette population, l'étude de la régularité des bonds dans un 10MB permettrait tout de même de détecter un déséquilibre bilatéral.

Dans la population de sauteurs où la réalisation technique des multibonds semble relativement homogène, les qualités neuromusculaires contribuent davantage aux performances de terrain. Les corrélations significatives avec la force concentrique des extenseurs à vitesse lente suggèrent chez les sauteurs, que leur niveau athlétique dépendrait de la force quadricipitale maximale. Par ailleurs, le deuxième des 10MB, qui fait suite à un premier bond très rapide, serait particulièrement sujet à l'écrasement, comme dans un triple saut. L'étude corrélative révèle que la performance relative de ce bond dépendrait étroitement de la force quadricipitale excentrique. Ce résultat confirme l'intérêt particulier de la force excentrique chez l'athlète sauteur.

Références

- [1] Croisier JL. Isocinétisme et prévention lésionnelle musculaire. In: Hérisson C, Rodineau J, editors. *Muscle traumatique et mécanique*. Paris: Masson; 2005. p. 173–9.
- [2] Dowson MN, Nevill ME, Lakomy HK, Nevill AM, Hazeldine RJ. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *J Sports Sci* 1998;16:257–65.
- [3] Hortobagyi T, Sio A, Fodor T, Merkely B. Effect of targeted skill development and plyometrics conditioning on long jump performance in 16-year old boys. *J Hum Mov Stud* 1991;21:1–17.
- [4] Lees A, Graham-Smith P, Fowler N. A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the men's long jump. *J Appl Biomech* 1994;10:61–78.